

UFRRJ

PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Análise espaço-temporal do uso do solo e cobertura
vegetal em Vitória do Xingu, Amazônia brasileira**

Gabriel Garreto dos Santos

2025



ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos
UFRRJ - UFPA - UFV - UFPA





UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO USO DO SOLO E COBERTURA
VEGETAL EM VITÓRIA DO XINGU, AMAZÔNIA BRASILEIRA

GABRIEL GARRETO DOS SANTOS

Sob a Supervisão do Professor
Dr. Eduardo Carvalho da Silva Neto

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido como requisito parcial para
obtenção do título de **Especialista** em
Geoprocessamento, Levantamento e
Interpretação de Solos.

Seropédica, RJ
Julho de 2025



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Ga Garreto dos Santos, Gabriel , 1996-
Análise espaço-temporal do uso do solo e cobertura
vegetal em Vitória do Xingu, Amazônia brasileira /
Gabriel Garreto dos Santos. - Nina Rodrigues , 2025.
40 f.: il.

Orientador: Eduardo Carvalho da Silva Neto .
Trabalho de conclusão de curso(Graduação). --
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e
Interpretação de Solos, 2025.

1. Desmatamento. 2. Uso da terra. 3. Sensoriamento
remoto. 4. Belo Monte. 5. Pecuária. I. Carvalho da
Silva Neto , Eduardo , 1990-, orient. II Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. Especialização em
Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de
Solos III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO, LEVANTAMENTO
E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS**

Folha de aprovação

GABRIEL GARRETO DOS SANTOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi submetido como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos.

TCC APROVADO EM 15 DE JULHO DE 2025.

Prof. Eduardo Carvalho da Silva Neto
(Supervisor)

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Prof. Marcondes Geraldo Coelho Junior

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Prof.(a) Mayara Barreto de Souza Arantes

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)

DEDICATÓRIA

À Deus pela vida e pelas bênçãos recebidas;

Aos meus pais Francisco de Assis e Carmina Garreto por me preparar para a vida;

A todos os meus irmãos ainda de forma mais terna a minha irmã Carmilene Garreto que, mesmo não estando mais aqui fisicamente, continua sendo minha maior inspiração e força.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e a quem devo tudo.

Aos meus pais, Francisco de Assis e Carmina Garreto, e aos meus avós, José Rodrigues e Maria Silva, por me inspirarem na vida, por todo o suporte, carinho e esforços dedicados.

A todos os meus familiares, minha sincera gratidão. Em especial, as minhas lindas sete irmãs e ao meu irmão e sobrinhos, e de forma ainda mais terna, à minha irmã Carmilene Garreto.

A minha namorada Renata Robaina pela amizade, carinho e companheirismo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Carvalho Silva Neto, por toda a dedicação, paciência e disponibilidade durante a execução desta pesquisa.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), pela oportunidade de realizar o curso de Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de solos, em nível de especialização.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Universidade Aberta do Brasil (UAB) pela organização e financiamento do curso.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para que a realização deste trabalho fosse possível.

BIOGRAFIA

GABRIEL GARRETO DOS SANTOS, filho de Francisco de Assis Silva dos Santos e Carmina Garreto dos Santos, nasceu em Nina Rodrigues, Maranhão, em 13 de setembro de 1996.

Cursou o ensino médio na Escola Estadual Pacífico Leão da Costa.

Em agosto de 2017, ingressou no curso de Agronomia pelo Instituto Federal do Pará (IFPA), graduando-se em dezembro de 2022.

Foi bolsista de Iniciação Científica pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA). Além disso, participou como bolsista por dois anos do Programa do Governo Federal de Educação Tutorial (PET) Agronomia do IFPA.

Em março de 2023, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal com ênfase em (Entomologia Agrícola) sob orientação do Prof. Dr. Gerson Adriano Silva, na Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), no nível de mestrado, defendendo com sucesso sua dissertação em fevereiro de 2025.

Em março de 2025, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia em nível de doutorado da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

RESUMO

Análise espaço-temporal do uso do solo e cobertura vegetal em Vitória do Xingu, Amazônia brasileira. 2025. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos). Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

A Amazônia brasileira tem enfrentado intensas pressões antrópicas, com ciclos históricos de exploração econômica, desde a borracha até a agropecuária. Vitória do Xingu, no sudoeste do Pará, reflete essa dinâmica, com sua economia baseada na pecuária de corte e no extrativismo, resultando em desmatamento e degradação ambiental. Este estudo analisou as mudanças no uso e cobertura do solo no município entre 1985 e 2023, utilizando imagens de satélite processadas do Projeto MapBiomas, para subsidiar políticas de gestão sustentável. Como resultados verificou-se que em 1985, a cobertura florestal predominava (78,81%), mas sofreu redução contínua, chegando a 36,05% em 2023. A pastagem expandiu-se de 9,61% (1985) para 49,44% (2023), consolidando-se como principal atividade de uso do solo. A construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte impactou expressivamente a paisagem local, aumentando áreas alagadas (8,84% em 2023) e acelerando a urbanização (0,30%). Novas classes, como soja e formações savânicas, surgiram, evidenciando fragmentação e pressão antrópica. Por fim, o estudo demonstra a intensa transformação territorial em Vitória do Xingu, impulsionada pela pecuária e grandes obras de infraestrutura. Os resultados destacam a necessidade de políticas públicas que conciliem desenvolvimento econômico e conservação ambiental, mitigando os impactos da perda florestal e dos conflitos socioambientais na região.

Palavras-chave: Desmatamento. Uso da terra. Sensoriamento remoto. Belo Monte. Pecuária.

ABSTRACT

Spatio-temporal analysis of land use and vegetation cover in Vitória do Xingu, Brazilian Amazon. 2025. 38p. Trabalho de Conclusão de Curso (Specialization in Geoprocessing, Soil Survey and Interpretation) Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

The Brazilian Amazon has faced intense anthropogenic pressures, with historical cycles of economic exploitation, from rubber to agriculture and livestock. Vitória do Xingu, in southwestern Pará, reflects this dynamic, with its economy based on cattle ranching and extractivism, resulting in deforestation and environmental degradation. This study analyzed changes in land use and land cover in the municipality between 1985 and 2023, using satellite images processed by the MapBiomias Project, to support sustainable management policies. The results showed that in 1985, forest cover was predominant (78.81%), but it suffered a continuous reduction, reaching 36.05% in 2023. Pasture expanded from 9.61% (1985) to 49.44% (2023), consolidating itself as the main land use activity. The construction of the Belo Monte Hydroelectric Plant had a significant impact on the local landscape, increasing flooded areas (8.84% in 2023) and accelerating urbanization (0.30%). New classes, such as soybeans and savanna formations, emerged, evidencing fragmentation and anthropic pressure. Finally, the study demonstrates the intense territorial transformation in Vitória do Xingu, driven by livestock farming and major infrastructure works. The results highlight the need for public policies that reconcile economic development and environmental conservation, mitigating the impacts of forest loss and socio-environmental conflicts in the region.

Keywords: Deforestation. Land use. Remote sensing. Belo Monte. Livestock.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do município de Vitória do Xingu.....	7
Figura 2 – Mapa de solos de Vitória do Xingu.....	9
Figura 3 – Uso e ocupação do solo em Vitória do Xingu no período de 1985 a 2023.....	11
Figura 4 – Evolução dos percentuais de uso e ocupação do solo em Vitória do Xingu entre 1985 a 2023.....	12
Figura 5 – Análise dos componentes principais entre as variáveis: áreas queimadas, carbono orgânico total do solo, floresta primária, número de cabeça de gado e pastagem.....	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Áreas e percentuais de uso e ocupação do solo em Vitória do Xingu no período de 1985 a 2023.....	14
--	----



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Uso e cobertura da terra	3
2.2 Sensoriamento remoto	4
2.3 Sistemas de informações geográfica	5
2.4 Projeto MapBiomias	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1 Área de estudo	7
3.2 Aquisição e processamento de dados	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
7. APÊNDICE	20

1. INTRODUÇÃO

Os territórios que compõem a Amazônia brasileira têm sido submetidos a crescentes pressões antrópicas, as quais impactam de forma direta e significativa os recursos naturais da região. Nas últimas décadas, essas pressões vêm se intensificando, resultando em alterações expressivas nos ecossistemas amazônicos. Um dos marcos históricos iniciais desse processo de exploração econômica mais intensa ocorreu entre 1879 e 1912, durante o auge do ciclo da borracha, considerado um dos eventos mais emblemáticos na dinâmica de ocupação, uso e expansão territorial da Amazônia (REBELLO; HOMMA, 2017).

A partir da década de 1960, sob o comando do regime militar, a Amazônia tornou-se alvo de diversas iniciativas governamentais voltadas ao desenvolvimento e à exploração econômica. Nesse contexto, a construção da rodovia BR-163, que conecta Cuiabá (MT) a Santarém (PA), foi planejada como uma estratégia de integração nacional e desenvolvimento econômico da região. Contudo, muitos trabalhadores que migraram para a área com o apoio do governo federal não encontraram, no cenário atual, as condições e benefícios prometidos no início do projeto (PASSOS, 2017).

O município de Vitória do Xingu insere-se nesse contexto histórico de ocupação e desenvolvimento, tendo passado por diferentes ciclos econômicos, desde o auge da exploração da borracha, seguido pela extração de madeira, até a atual predominância da agropecuária. Atualmente, a economia local é amplamente sustentada pela pecuária de corte, com um rebanho de 192.052 cabeças de gado (IBGE, 2023). Embora essa atividade contribua de forma significativa para o desenvolvimento econômico, também tem sido responsável por extensos processos de desmatamento e degradação ambiental (MIRANDA et al., 2023). Ou seja, essa atividade constitui uma das principais fontes de renda dos produtores locais, porém está fortemente associada à dinâmica de uso e ocupação do solo, caracterizada sobretudo pela expansão das áreas de pastagem em detrimento da vegetação nativa, o que tem intensificado o desmatamento e provocado significativas alterações nos ecossistemas da região.

De acordo com Araújo (2015), essas transformações nos espaços rurais da Amazônia são consequência de intervenções humanas, como a construção de rodovias, criação de assentamentos rurais desordenados e atividades extrativistas minerais e orgânicas. Estudos recentes reforçam essa visão: Neves et al. (2021) e Escada et al. (2023) reforçam essa perspectiva ao evidenciar que a expansão da infraestrutura viária e as ocupações informais na região amazônica continuam a exercer forte pressão sobre os recursos naturais, ampliando os impactos negativos sobre a biodiversidade e os modos de vida locais.

Nesse cenário, o monitoramento das mudanças no uso e na cobertura do solo emerge como uma ferramenta essencial para compreender essas transformações. Estudos baseados no uso de imagens orbitais têm demonstrado grande potencial para mapear e analisar as alterações na paisagem ao longo do tempo, fornecendo dados cruciais para a organização territorial e ambiental (FERREIRA; SILVA, 2018).

No Brasil, iniciativas como o MapBiomás em que disponibiliza séries históricas anuais de mapas de cobertura e uso do solo com base em imagens de satélite, têm sido fundamentais



para acompanhar essas dinâmicas em diferentes escalas geográficas. Da mesma forma, o MapBiomas Alerta é uma plataforma de monitoramento e validação contínua de alertas de desmatamento por meio de imagens de satélite de alta resolução que também têm contribuído para o monitoramento quase em tempo real das mudanças na vegetação nativa, sobretudo na Amazônia. Essas análises são fundamentais para orientar ações de planejamento e gestão que promovam tanto a qualidade de vida das populações locais quanto a conservação sustentável dos recursos naturais (MOREIRA et al., 2015).

As tecnologias de sensoriamento remoto (SR), aliadas ao processamento digital de imagens, têm ampliado a capacidade de estudos detalhados em áreas de difícil acesso, como a Amazônia (JOVINO et al., 2022; DOS SANTOS et al., 2021). Assim, o uso de geotecnologias tornou-se essencial para o planejamento territorial, manejo sustentável e conservação dos recursos naturais (Diniz; Takahasi, 2022). Destaca-se o SR pelo baixo custo, boa resolução e ampla disponibilidade em plataformas gratuitas (PARANHOS FILHO et al., 2021), tais como o Google Earth Engine e os sistemas brasileiros INPE/DETER e INPE/TERRACLASS, e o próprio MapBiomas que fornecem dados sobre uso da terra e desmatamento.

Para compreender as mudanças ambientais decorrentes das alterações no uso da terra, é fundamental a realização de um monitoramento contínuo, apoiado por ferramentas de geoprocessamento e SR. Esses recursos permitem diagnósticos mais precisos dos impactos das atividades antrópicas, auxiliando órgãos públicos no planejamento de ações preventivas e na gestão sustentável dos recursos naturais (VASCONCELOS; TERRA; CARDOSO, 2013). No contexto amazônico, municípios com forte dependência da agropecuária, como Vitória do Xingu, no Pará, demandam atenção especial. A estreita relação entre a economia local e o uso da terra evidencia a urgência de estudos de monitoramento ambiental na região, ainda marcada pela escassez de pesquisas específicas sobre essa temática.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo mapear as mudanças no uso e na cobertura da terra no município de Vitória do Xingu, localizado na região norte do Pará, nos anos de 1985, 1993, 2003, 2013 e 2023. A escolha desses períodos baseou-se na disponibilidade de séries históricas consistentes de dados geoespaciais, bem como na necessidade de capturar os efeitos de marcos importantes no processo de ocupação e transformação da paisagem local, tais como a implantação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Uso e cobertura da terra

O uso e a cobertura da terra podem ser definidos como as formas pelas quais o espaço geográfico tem sido apropriado e transformado pelas atividades antrópicas ao longo dos anos, com o objetivo principal de produzir bens ou serviços (LEITE et al., 2014). Embora esses conceitos sejam inter-relacionados, são frequentemente aplicados de maneira complementar, uma vez que as ações humanas estão intrinsecamente ligadas às características que compõem a superfície terrestre, seja ela florestal, agrícola, residencial ou industrial (IBGE, 2013).

No entanto, é primordial trazer a diferença conceitual entre cobertura da terra e uso da terra. A cobertura da terra por sua vez refere-se às propriedades biofísicas da superfície e subsuperfície terrestre, representando o elemento que recobre o solo em um determinado momento (BRITO et al., 2013). Essa caracterização pode ser identificada e monitorada por meio de técnicas de SR (LEITE; ROSA, 2012). Por outro lado, o uso da terra consiste à maneira como essas propriedades biofísicas são modificadas e geridas, ou seja, à finalidade socioeconômica atribuída à terra, como atividades agrícolas, urbanas ou industriais (FERREIRA; SILVA, 2018).

Nesse contexto, é relevante destacar que o levantamento do uso e da ocupação da terra constitui uma ferramenta essencial para o processo de planejamento e para a utilização racional dos recursos naturais. Essa prática contribui para a geração de dados e informações fundamentais à avaliação da sustentabilidade, uma vez que o monitoramento das alterações no uso e na ocupação do solo deve ser acompanhado por análises técnicas que embasem a interpretação dos impactos ambientais, especialmente em áreas florestais, agrícolas, urbanas e outras, que frequentemente sofrem processos de degradação decorrentes de diferentes formas de uso, como a agricultura intensiva (CAMPOS; CAMPOS, 2020).

Além disso, é importante frisar que a análise do uso e da cobertura da terra, aliada ao planejamento e à gestão territorial, tem como finalidade compreender a dinâmica espacial e temporal de uma região. Essa compreensão orienta a implementação de ações que visam à promoção da qualidade de vida da população, à conservação dos recursos naturais de forma sustentável e à formulação de políticas públicas eficazes (MOREIRA et al., 2015).

Os estudos sobre a cobertura florestal, bem como sobre o uso e a cobertura da terra, sua dinâmica e seus impactos, vêm sendo amplamente investigados nas últimas décadas. Como exemplo, destaca-se o trabalho de Jovino et al. (2024) que analisaram a dinâmica multitemporal do uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, localizada no estado da Paraíba. No contexto da região amazônica, Santos, Neris e Coelho (2023) avaliaram a dinâmica temporal e socioambiental do uso da terra na Ilha Mamangal, território do baixo Tocantins, associando-a ao monocultivo de açaí. Por meio do mapeamento do uso e cobertura da terra, os autores elucidaram os impactos ambientais decorrentes dessa atividade.



Nesse contexto, destacam-se importantes iniciativas nacionais de monitoramento, como o projeto TerraClass, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em parceria com a Embrapa, que tem como foco a classificação detalhada do uso e cobertura da terra em áreas desmatadas da Amazônia Legal. Essa base de dados oferece informações sobre os diferentes tipos de uso das áreas que sofreram desmatamento, contribuindo para análises sobre a dinâmica de ocupação e os impactos ambientais (INPE, 2022).

Mais recentemente, o projeto MapBiomas tem ampliado significativamente as possibilidades de análise ao disponibilizar uma série temporal anual de uso e cobertura da terra para todo o território brasileiro, com recorte temporal que vai de 1985 até os dias atuais. Com alta resolução espacial e ampla cobertura temática, o MapBiomas tornou-se uma importante fonte de dados para estudos científicos, políticas públicas e ações voltadas ao monitoramento ambiental e à gestão territorial.

2.2 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto consiste em uma ciência em que faz a aquisição de dados por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais em que no geral, refere-se a qualquer técnica sem contato pela qual o espaço do objeto possa ser observado (LILLISAND et al., 2015). O termo "remoto" refere-se ao fato de que a captação das informações ocorre à distância, sem contato físico direto entre o sensor e os objetos presentes na superfície terrestre (FLORENZO, 2011). Nesse processo, a obtenção de imagens depende necessariamente da detecção da energia eletromagnética emitida ou refletida pela superfície terrestre.

Em relação ao monitoramento de recursos naturais, o sensoriamento remoto baseia-se principalmente na refletância dos alvos superficiais, cuja fonte primária de energia é a radiação solar (BIECO, 2017). Essa energia refletida é captada por sensores passivos, cujo são dispositivos que registram informações já existentes no ambiente e posteriormente elas são transmitidas para estações de processamento, onde os dados são tratados e analisados.

As transformações ambientais decorrentes das atividades antrópicas no meio físico, como a conversão de áreas naturais em zonas agrícolas e urbanas, têm exigido o monitoramento contínuo do uso e cobertura do solo (COELHO et al., 2014). Nesse sentido, o sensoriamento remoto destaca-se como uma ferramenta essencial, permitindo a atualização ágil e eficiente de dados geoespaciais, o que contribui para uma gestão mais sustentável dos recursos naturais.

Além disso, o sensoriamento remoto por satélite apresenta vantagens significativas no monitoramento de grandes extensões territoriais, como a Amazônia (MATESE et al., 2015; SONOBE et al., 2017; VAROL, 2020). Essa tecnologia não apenas viabiliza a avaliação de desmatamentos, mudanças no uso do solo e impactos ambientais, mas também possibilita análises abrangentes com base em dados multitemporais (YUE et al., 2019). Dessa forma, constitui-se como um método ideal para o acompanhamento sistemático de ecossistemas e a formulação de políticas de conservação.



2.3 Sistemas de informações geográfica

O campo dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) oferece aos usuários uma compreensão abrangente das dimensões espaciais e de sua relação com atributos e ocorrências geográficas do mundo real (ZHAO, 2022). Trata-se de uma ferramenta robusta e intuitiva, que facilita tanto o armazenamento quanto a recuperação eficiente de dados georreferenciados (CHEN et al., 2023).

Os SIGs possuem uma ampla gama de aplicações, incluindo a gestão e o monitoramento de desastres, pesquisas demográficas, gerenciamento de bacias hidrográficas, avaliação de riscos, análise da expansão urbana, estudo da produtividade agrícola, além da gestão e irrigação de recursos hídricos (BALOGUN et al., 2022). Uma de suas principais vantagens é a capacidade de armazenar grandes volumes de dados em bancos de dados, possibilitando sua recuperação a partir de qualquer local e em qualquer momento (KIMOTHI et al., 2023).

Segundo Miranda (2005), os SIGs representam poderosas ferramentas de análise espacial, permitindo a avaliação sistemática de cenários ambientais e de seus respectivos impactos. Esses sistemas viabilizam o monitoramento preciso de mudanças geofísicas em diferentes contextos territoriais, sejam eles urbanos ou rurais. Por meio de suas capacidades analíticas, os SIGs facilitam a modelagem das complexas interações entre os diversos componentes ambientais que compõem a paisagem, oferecendo suporte técnico para estimativas de uso potencial do solo e para a compreensão das dinâmicas espaciais.

A literatura científica registra diversos estudos que evidenciam a aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica em análises ambientais. Lima et al. (2023) por exemplo, utilizaram essa ferramenta para mapear o uso e a ocupação do solo no município de São Domingos do Araguaia (PA), constatando significativas transformações na paisagem, com destaque para a redução da cobertura vegetal nativa.

De forma semelhante, Rosário et al. (2021) integraram o SIG a técnicas de sensoriamento remoto para analisar a dinâmica de ocupação do solo em Novo Progresso (PA), estabelecendo correlações com as principais atividades econômicas da região. Os resultados demonstraram que essa abordagem metodológica proporciona uma caracterização abrangente dos elementos da paisagem, por meio de avaliações quantitativas e qualitativas das classes de uso mapeadas.

2.4 Projeto MapBiomias

O MapBiomias constitui um projeto científico de mapeamento anual do uso e cobertura do solo no Brasil, integrando uma rede colaborativa multidisciplinar composta por especialistas em biomas, dinâmica do uso da terra, Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e ciência da computação. O projeto emprega técnicas avançadas de processamento em nuvem e algoritmos de classificação automatizada, operados por meio da plataforma Google Earth Engine, para gerar séries históricas de mapas anuais de uso e cobertura da terra no Brasil, com resolução espacial e temporal detalhada (MAPBIOMAS, 2024).



Além disso, este projeto possui como objetivo principal o monitoramento sistemático e contínuo dos ambientes terrestres e aquáticos a partir do ano de 1985, utilizando dados de Sensoriamento Remoto. Esses dados, são disponibilizados de forma aberta e gratuita, permitindo a análise espaço-temporal das transformações no uso e cobertura da terra, contribuindo para o entendimento das dinâmicas ambientais e antrópicas em escala nacional e regional (SOUZA et al., 2020).

A metodologia desenvolvida pelo MapBiomias destaca-se por sua confiabilidade, eficiência e custo reduzido, permitindo a produção de mapas anuais desde 1985 até o presente, com atualizações periódicas. Além disso, o projeto visa a transferência de tecnologia e conhecimento por meio de uma plataforma que facilita a replicação da metodologia em outros países e regiões tropicais. Essa iniciativa é sustentada por uma rede colaborativa de especialistas em biomas brasileiros, responsáveis pela validação e aprimoramento contínuo dos mapeamentos e análises de mudanças (MAPBIOMAS, 2024).

Estudos têm empregado as classificações do MapBiomias para investigar as transformações do uso da terra em diferentes contextos geográficos e temporais. Por exemplo, Araújo, Júnior e Santos (2023) utilizou dados do MapBiomias para avaliar a evolução das áreas degradadas pelo desmatamento, monocultivo de soja e pastagem na microrregião de Paragominas, no nordeste do estado do Pará, entre os anos de 2011 e 2021.

Santos et al. (2024) aplicaram a ferramenta para analisar as mudanças no uso e cobertura da terra no Projeto de Assentamento Rural Rio Juma, no estado do Amazonas, no período de 1985 a 2020, enquanto Sousa e Silva (2021) investigaram a dinâmica do uso e ocupação do solo no município de Soure (PA). Esses estudos evidenciam a relevância do MapBiomias como uma importante ferramenta para o monitoramento ambiental e a gestão territorial.

O projeto MapBiomias disponibiliza uma série temporal contínua que abrange o período de 1985 até os dias atuais, permitindo análises detalhadas das mudanças no uso e cobertura da terra ao longo de quase quatro décadas. Além disso, o MapBiomias conta com outras iniciativas complementares, como o MapBiomias Alerta que oferece dados de desmatamento em tempo quase real, por meio da validação de alertas gerados por sistemas como DETER (Detecção de Desmatamento em Tempo Real), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e o SAD (Sistema de Alerta de Desmatamento), do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON) e outros (MAPBIOMAS, 2024).

Assim, esses alertas são verificados com imagens de alta resolução, assegurando maior precisão e confiabilidade na identificação das áreas afetadas. A plataforma disponibiliza informações detalhadas sobre cada evento, incluindo localização, data, extensão da área desmatada, tipo de vegetação, e possíveis sobreposições com áreas protegidas ou imóveis rurais. Com isso, o MapBiomias Alerta torna-se uma ferramenta estratégica para o monitoramento ambiental, contribuindo com a fiscalização, a formulação de políticas públicas e a atuação da sociedade civil no combate ao desmatamento ilegal (MAPBIOMAS, 2024).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo é o município de Vitória do Xingu, está localizado no interior do Estado do Pará, na região norte do Brasil, integrando as regiões geográficas imediatas e intermediária de Altamira. O referido município pertence a região de integração do Xingu, e está inserido na mesorregião Sudoeste Paraense e microrregião de Altamira com sua sede municipal situada nas seguintes coordenadas geográficas: latitude de 2° 53' 2" sul e longitude de 52° 0' 17" oeste (Figura 1). O local de estudo limita-se ao norte com Porto de Moz, a Leste com os municípios de Senador José Porfírio e Anapú, ao sul com Senador José Porfírio e a oeste com Altamira e Brasil Novo (IBGE, 2024).

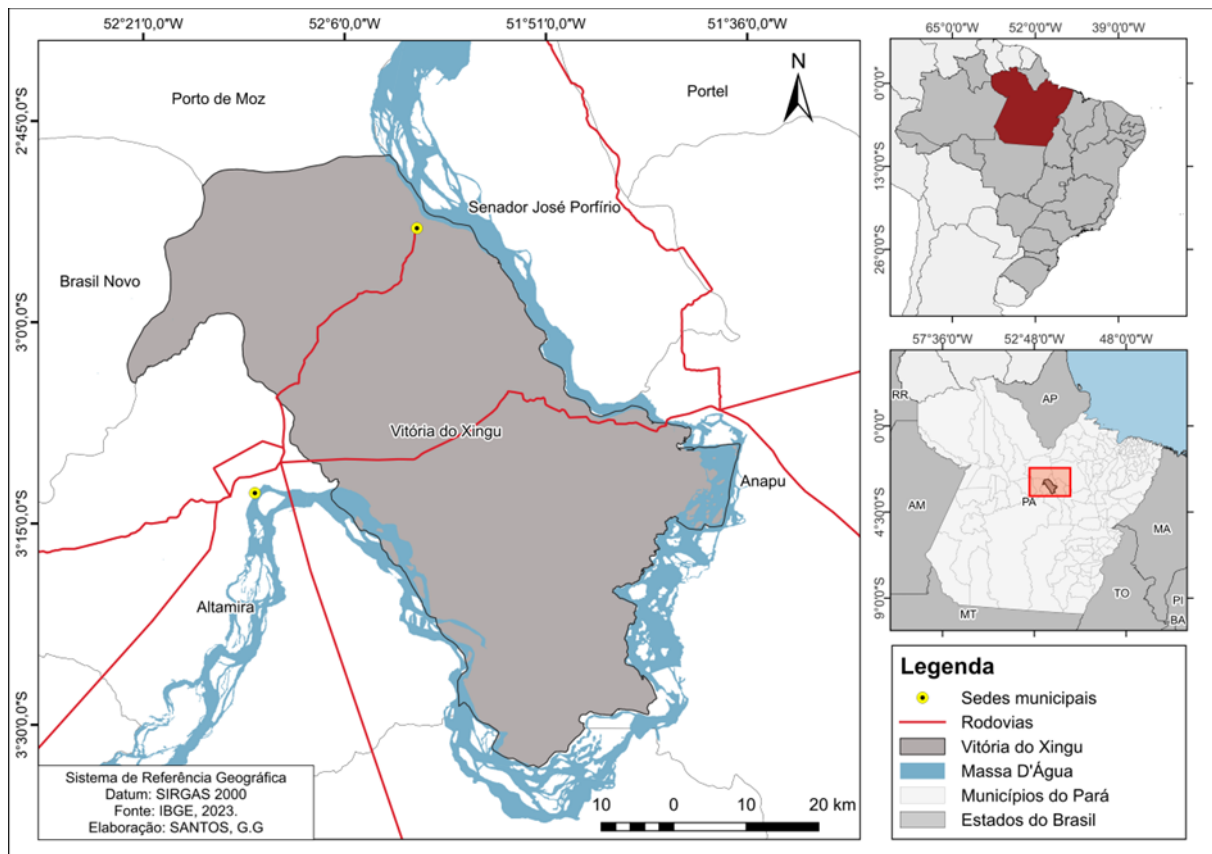


Figura 1 – Mapa de localização de Vitória do Xingu.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O município de Vitória do Xingu apresenta uma área territorial estimada em 3.089,537 km², com uma população de 16.414 habitantes e uma densidade demográfica de 5,05 habitantes por km² (IBGE, 2024). A sede municipal localiza-se na margem esquerda do rio Xingu e na margem direita do igarapé Tucuruí. O acesso à sede é facilitado pelo rio Xingu e pela rodovia PA-415, estando a uma distância de 45 quilômetros, por via terrestre, do município de Altamira, no estado do Pará (IBGE, 2024).



A geografia de Vitória do Xingu é típica da região amazônica, sendo marcada pela presença do rio Xingu e pelo clima equatorial úmido (classificação Ami, segundo Köppen), caracterizado por uma curta estação seca. A temperatura média anual varia entre 26°C e 32°C, enquanto a umidade relativa do ar oscila entre 60% e 95%. A pluviosidade anual é elevada, com índices que variam de 2.013 a 3.000 mm (INMET, 2018). O território é composto por três principais unidades de paisagem: os Baixos Platôs da Transamazônica e Xingu, os Planaltos Dissecados da Transamazônica e Xingu, e as Superfícies Aplainadas (DE PAULA et al., 2016).

A cobertura vegetal predominante é a floresta ombrófila densa, caracterizada por chuvas intensas e constantes. Este tipo de vegetação apresenta folhas largas e perenes, sendo subdividido em duas subformações: aluvial e submontana. A topografia do município exibe significativa variação altimétrica, com altitudes entre 2 metros e 413 metros e uma altitude média de 112 metros. O relevo é composto, predominantemente, por grandes proporções de patamares, além de áreas menores de tabuleiros e planícies, o que contribui para a diversidade paisagística da região (FAPESPA, 2024).

A estrutura geológica de Vitória do Xingu é composta por terrenos arenosos, folhelhos metamorfizados e retrabalhados no Paleoproterozoico, além de sedimentos argilosos, arenosos e cascalhos. Parte do território municipal está inserida na Bacia Sedimentar do Amazonas. De acordo com a escala de tempo geológico, essa estrutura é datada do Pré-Cambriano (Arqueano/Paleoproterozoico), bem como das eras Paleozoica e Mesozoica (FAPESPA, 2023).

Os solos predominantes no município apresentam grande diversidade e estão distribuídos de forma distinta ao longo do território. O Argissolo Amarelo (SANTOS et al., 2018) é predominante na porção central, enquanto o Argissolo Vermelho e o Argissolo Vermelho-Amarelo (SANTOS et al., 2018) estão localizados nas porções sul e sudeste, sendo solos de boa drenagem e com potencial para uso agrícola. Nas áreas próximas aos corpos d'água, como rios e igarapés, ocorre o Gleissolo Háplico Distrófico (SANTOS et al., 2018), caracterizado por condições de saturação hídrica periódica. Já o Latossolo Amarelo (SANTOS et al., 2018) é encontrado em maior proporção na parte norte e noroeste do município. Por fim, o Neossolo Flúvico Distrófico (SANTOS et al., 2018) ocorre próximo aos rios, especialmente em áreas de planícies de inundação (Figura 2). Essa diversidade geológica e pedológica reflete as características ambientais da região amazônica, influenciando os usos potenciais do solo e a dinâmica ecológica do município.

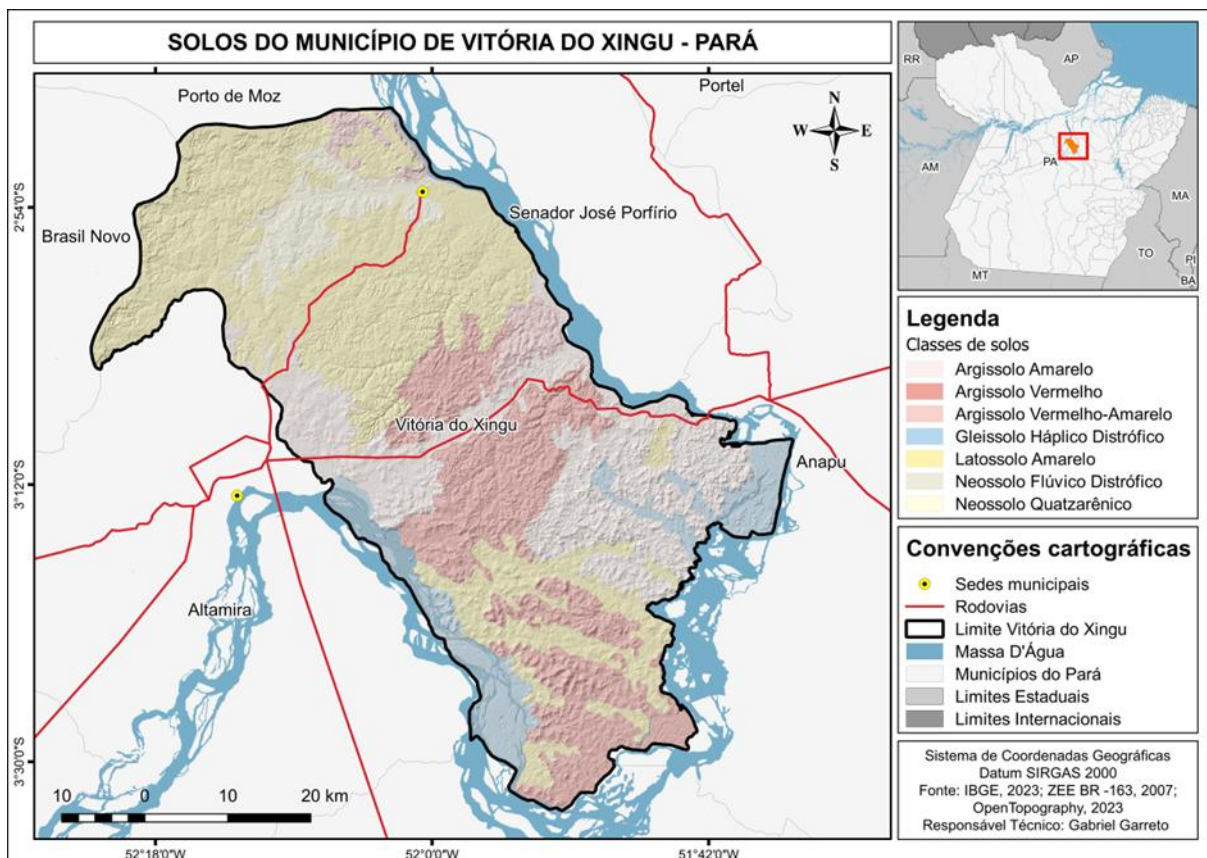


Figura 2 – Mapa de solos de Vitória do Xingu.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Em termos econômicos, o município de Vitória do Xingu destaca-se pela prática de atividades agrícolas em pequena escala, com o cultivo de culturas perenes e temporárias. As principais espécies cultivadas incluem banana, cacau, feijão, mandioca, milho, laranja, limão e pimenta-do-reino (IBGE, 2023). Além disso, a pecuária extensiva é uma atividade relevante na região, com ênfase na criação de bovinos. Atualmente, essa atividade ocupa uma área de 152.999 hectares, composta predominantemente por gramíneas utilizadas como principal fonte de forragem para a alimentação do rebanho (MAPBIOMAS, 2023).

3.2 Aquisição e processamento de dados

A metodologia adotada baseia-se em um referencial teórico fundamentado em trabalhos já publicados que abordam a discussão sobre a análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra (ARAÚJO; JÚNIOR; SANTOS, 2023; LIMA et al. 2023; SANTOS et al., 2024). Esses estudos forneceram embasamento científico para a condução da pesquisa, cujo foco está na dinâmica de uso e cobertura da terra e as transformações ocorridas em Vitória do Xingu.

Os dados utilizados foram provenientes do projeto MapBiomas, especificamente da coleção 9, que compreende um mapeamento sistemático realizado entre 1985 e 2023. Esses dados, disponibilizados em formato raster e estão disponíveis para download de forma virtual dentro da plataforma do Google Earth Engine (GEE). Onde utiliza para esse mapeamento



imagens de satélite com resolução espacial de 30 metros. A produção das informações é baseada na classificação pixel a pixel por meio de técnicas de aprendizado de máquina (machine learning). O projeto MapBiomias gera sistematicamente classificações detalhadas do uso e cobertura da terra, abrangendo o Brasil e outros diferentes territórios da América do Sul (MAPBIOMAS, 2023).

A abrangência temporal dos dados permite uma análise detalhada da dinâmica de uso e cobertura da terra em Vitória do Xingu ao longo de 38 anos (1985–2023). Os resultados obtidos são apresentados por meio de mapas temáticos, tabelas e figuras, os quais destacam as transformações ocorridas no território e oferecem projeções sobre o uso e cobertura da terra no município. Para seguir com análise das modificações espaço-temporais foram processados os dados raster utilizando o software QGIS, versão 3.34 Prizren. As ferramentas e plugins disponíveis no software foram empregadas para estimar as áreas das classes de uso e suas respectivas métricas de paisagem a partir do recorte correspondente a delimitação municipal utilizando o arquivo vetorial em shapefile (SHP) capturado no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no portal geociências que reúne diferentes bases de dados e informações territoriais do Brasil.

Por fim, foi realizada uma análise multivariada por Análise de Componentes Principais (PCA) para investigar a correlação entre a variabilidade dos dados de uso do solo, considerando as seguintes variáveis: áreas queimadas, carbono orgânico total do solo, extensão de floresta primária, número de cabeças de gado e área de pastagem. Ambos os conjuntos de dados copilados do MapBiomias e do IBGE. Essa abordagem permitiu compreender como esses fatores se relacionam e influenciam a configuração da paisagem estudada. Essas análises foram realizadas utilizando o software R Studio (2024).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com resultados obtidos da análise multitemporal do uso e cobertura da terra no município de Vitória do Xingu foi possível estabelecer uma análise visual e quantitativa das mudanças espaço-temporais das transformações da paisagem local ao longo de quase quatro décadas (1985–2023) e estão apresentados através dos mapas temáticos (Figura 3, A, B, C, D, E), da figura 4 e por meio da tabela 1. A série de mapas revela a intensificação de atividades antrópicas, especialmente a agropecuária, em detrimento das vegetações nativas, além de um crescimento notável nas áreas cobertas por água (Figura 3, A, B, C, D e E).

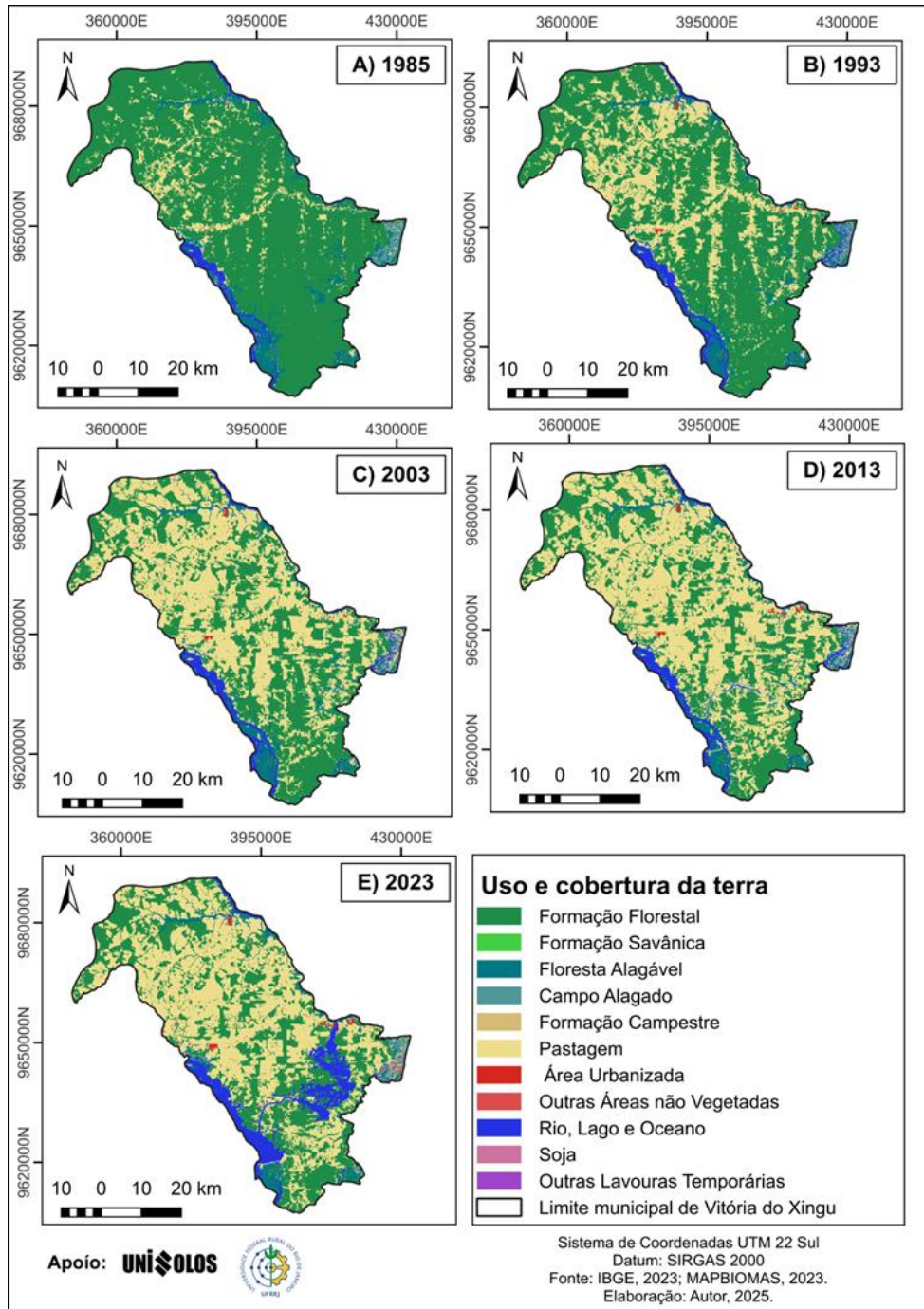


Figura 3 – Uso e ocupação do solo em Vitória do Xingu no período de 1985 a 2023. Fonte: Dados da pesquisa (2025).

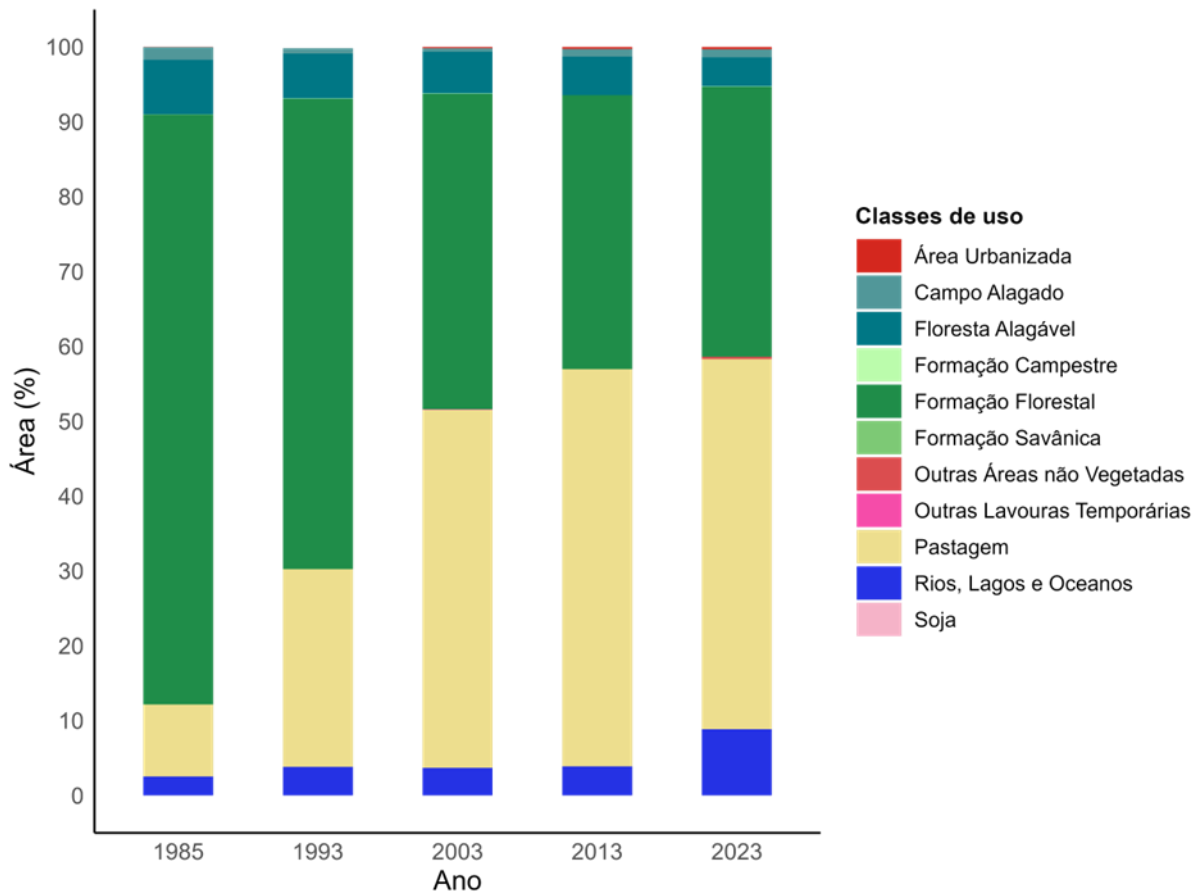


Figura 4 – Evolução dos percentuais de uso e ocupação do solo em Vitória do Xingu entre 1985 e 2023.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Em 1985, a cobertura vegetal nativa predominava em grande parte do território municipal, com destaque para as formações florestais, que ocupavam praticamente toda a extensão territorial de Vitória do Xingu (Figura 3A). Pequenas manchas de áreas alteradas eram visíveis, mas em proporções bastante reduzidas. As formações florestais, nesse período, ainda eram consideravelmente preservadas.

Com o passar dos anos, observa-se um processo progressivo de substituição da vegetação nativa por áreas utilizadas para pastagem. Conforme verificado em 1993, onde houve um avanço significativo das áreas de pastagem, sobretudo na porção norte do município (Figura 3B). Essa expansão ocorreu em detrimento das formações florestais, que começaram a ser fragmentadas e substituídas por usos antrópicos. Em 2003, a classe de pastagem já ocupava grande parte do território municipal, superando inclusive a classe de formação florestal (Figura 3C), sendo a principal responsável pela conversão das áreas florestais. As formações campestres também apresentaram redução, indicando que além das florestas nativas, outros tipos de vegetação foram afetados pelo avanço agropecuário.

Tais mudanças desencadeadas no uso da terra estão relacionadas ao próprio processo de ocupação ocorrido na região da transamazônica, que provocou intensos processos de desmatamentos e degradação ambiental decorrentes de outros tipos de uso, como da própria pecuária atividade econômica que tem sido incentivada na região (MIRANDA et al., 2023).



No ano de 2013, a pressão antrópica sobre as formações florestais intensificou-se, resultando em maior fragmentação e redução da cobertura vegetal (Figura 3D). Paralelamente, as áreas de lavouras temporárias expandiram-se, indicando o avanço da agricultura em conjunto com a já consolidada pecuária. A urbanização também começou a se destacar, ainda que de forma incipiente, com o surgimento de manchas urbanas nos mapas.

Em 2023, a ocupação antrópica tornou-se predominante na paisagem da região, com a classe de pastagem ocupando a maior parte do território (Figura 3E). Esse cenário forma um mosaico territorial composto por remanescentes florestais, áreas de agricultura e cultivos de soja. A vegetação nativa, por sua vez, encontra-se severamente reduzida e fragmentada, evidenciando o avanço da fronteira agropecuária, com destaque para a pecuária extensiva. Conforme Alencar et al. (2016), a região do Xingu tem sido fortemente marcada pela expansão das áreas destinadas à criação de gado bovino, o que contribui para a contínua degradação dos ecossistemas locais.

Além disso, um fator que agrava esse avanço da pecuária em detrimento da agricultura tradicional na Amazônia refere-se ao direcionamento de recursos financeiros. Segundo a campanha realizada pelo Observatório das Economias da Sociobiodiversidade (ÓSOCIOBIO, 2025), com base em dados do Banco Central, em 2024, aproximadamente 91,7% do orçamento do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) na Amazônia foi destinado à pecuária convencional. Apenas 8,3% foram alocados para atividades agrícolas, e menos de 2% do total chegou às cadeias produtivas da sociobiodiversidade.

Esse panorama contraria as políticas ambientais vigentes e os compromissos assumidos pelo Brasil nas metas climáticas. De acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), vinculado ao Observatório do Clima, em 2023, as atividades agropecuárias, quando somadas às emissões provenientes de mudanças no uso da terra, como desmatamento e queimadas, foram responsáveis por 74% do total das emissões nacionais. No âmbito específico do setor agropecuário, a pecuária se destacou como principal fonte emissora, liberando aproximadamente 503,5 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (GWP-AR5), o que corresponde a 80% das emissões do setor e a 22% das emissões brutas do país.

Em contrapartida, projeções do WRI Brasil indicam que a adoção de práticas sustentáveis pode contribuir para a proteção de até 25 hectares por unidade produtiva e conter o avanço do desmatamento. Dados da Conexsus apontam que as Unidades Familiares de Produção da Agricultura Familiar, além de Povos e Comunidades Tradicionais, possuem, em média, áreas de 30 hectares. Estima-se que, com a ampliação do crédito voltado à sociobioeconomia, cerca de 300 mil hectares possam ser preservados, reforçando a importância de políticas que conciliem produção e conservação ambiental.

Tabela 1 – Áreas e percentuais de uso e ocupação do solo em Vitória do Xingu no período de 1985 a 2023.

Classes/Ano	1985		1993		2003		2013		2023	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
FF	2438,31	78,81	1943,56	62,82	1303,43	42,13	1131,94	36,59	1115,43	36,05
FS	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,01
FA	225,67	7,29	186,63	6,03	172,81	5,59	158,99	5,14	120,10	3,88
CA	52,36	1,69	21,29	0,69	13,88	0,45	31,60	1,02	33,52	1,08
FC	0,41	0,01	1,37	0,04	1,86	0,06	0,46	0,01	2,22	0,07
PA	297,34	9,61	817,50	26,42	1480,16	47,84	1641,84	53,05	1529,90	49,44
AU	1,092	0,04	5,57	0,18	5,70	0,18	8,48	0,27	9,16	0,30
OANV	0,194	0,01	0,03	0,001	0,40	0,02	0,231	0,01	9,34	0,30
RLO	78,63	2,54	118,06	3,82	113,95	3,68	120,36	3,89	273,56	8,84
SO	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	0,01
OLT	-	-	-	-	1,82	0,05	0,110	0,01	0,49	0,02
Total	3094,006	100	3094,006	100	3094,006	100	3094,006	100	3094,006	100

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

*FF= Formação Florestal

*FS= Formação Savânica

*FA= Floresta Alagável

*CA= Campo Alagado

*PA= Pastagem

*AU= Área Urbanizada

*OANV= Outras Áreas não Vegetadas

*RLO= Rios, lagos e Oceanos

*SO= Soja

*OLT= Outras Lavouras Temporárias



Conforme foi apontado na análise visual das figuras 3 e 4, e de acordo com a Tabela 1, no ano de 1985, houve a predominância da formação florestal na área de estudo, com uma área de 2.438,31 km², representando 78,81% da área total do município. Em seguida, destacou-se a pastagem, com 297,34 km², o que corresponde a 9,61% da área. A terceira maior classe foi a floresta alagável, que ocupava 225,67 km², o equivalente a 7,29% do território. As demais classes, como campo alagado, formação campestre e área urbana apresentaram baixa representatividade no cenário de cobertura e uso da terra nesse período inicial.

Em 1993, a formação florestal ainda permaneceu como a classe predominante na área de estudo, com uma extensão de 1.943,56 km², correspondendo a 62,82% do território municipal. No entanto, observou-se uma redução significativa dessa classe em relação a 1985, indicando o avanço de outras formas de uso da terra. A pastagem apresentou um aumento expressivo, passando de 9,61% para 26,42%, ocupando uma área de 817,50 km². A floresta alagável também sofreu redução, diminuindo para 186,63 km², ou 6,03% da área total. Já o campo alagado recuou para 21,29 km² (0,69%) e a área urbana cresceu discretamente, passando a ocupar 5,57 km², o que representa 0,18% do território. A classe de rios, lagos e oceano aumentou para 118,06 km² (3,82%), indicando um leve avanço das áreas de corpos hídricos.

No ano de 2003, a pastagem passou a ser a classe dominante na área de estudo, com uma área de 1.480,16 km², representando 47,84% do território municipal. Esse avanço consolidou a tendência de substituição das áreas de vegetação nativa por uso agropecuário, especialmente quando comparado aos anos anteriores. A formação florestal, que anteriormente ocupava a maior parte do município, continuou em declínio, reduzindo-se para 1.303,43 km², o equivalente a 42,13% da área, que provavelmente foi sendo convertida em pecuária.

Para compreender melhor esse avanço da bovinocultura nesta porção da Amazônia Oriental, parte-se do pressuposto apresentado por Crispim e Frabette (2020). Segundo os autores, a expansão da pecuária na região decorre historicamente da interação de dois fatores principais. O primeiro refere-se aos programas estatais que, especialmente durante o período do Regime Militar, estimularam o desenvolvimento agropecuário com objetivos simultaneamente econômicos e geopolíticos. O segundo fator diz respeito à grilagem de terras públicas, que ocorreu de forma desenfreada, favorecendo a intensa concentração fundiária e acelerando a expansão da fronteira agropecuária entre as décadas de 1960 e 1990 no Brasil.

Como resultado desse processo histórico, os municípios situados na bacia do rio Xingu, incluindo Vitória do Xingu, consolidaram-se como importantes produtores de gado de corte no Brasil. Paralelamente, essas localidades apresentam algumas das maiores áreas antropizadas da região, consequência direta dos extensivos processos de desmatamento e queima da vegetação para a manutenção das pastagens (IBGE, 2023; INPE, 2023).

Essa dinâmica socioprodutiva pode ser explicada pelo elevado dinamismo da economia local. Segundo o IBGE (2023), a pecuária responde por 82,6% da estrutura econômica de Vitória do Xingu, configurando-se como a principal atividade econômica do município. Em seguida, destaca-se o extrativismo, com participação significativa na geração de renda, sobretudo por meio da exploração de madeira e lenha. Assim, a pecuária extensiva e o



extrativismo florestal representam os principais motores da economia regional. Neste mesmo intervalo a floresta alagável manteve sua tendência de retração, totalizando 172,81 km² (5,59%). Já as áreas urbanas apresentaram pouca variação, com 5,70 km² (0,18%), enquanto as áreas de rios, lagos e oceano totalizaram 113,95 km², representando 3,68% da área do município. O campo alagado diminuiu para 13,88 km² (0,45%), mostrando uma leve redução em relação a 1993.

Em 2013, a pastagem manteve-se como a classe predominante na área de estudo, com uma área de 1.641,84 km², o que corresponde a 53,05% do território. Este resultado confirma a consolidação da atividade pecuária como principal uso do solo em Vitória do Xingu. A formação florestal continuou sua trajetória de redução, ocupando apenas 1.131,94 km², equivalente a 36,59% da área, evidenciando o avanço do desmatamento em relação às décadas anteriores. A floresta alagável apresentou nova queda, reduzindo-se para 158,99 km², ou 5,14% da área total. As áreas de rios, lagos e oceanos (RLO) atingiram 120,36 km² (3,89%), um leve aumento em relação a 2003.

As áreas urbanas expandiram-se para 8,48 km² (0,27%), enquanto os campos alagados apresentaram um leve aumento, atingindo 31,60 km² (1,02%). Esses dados evidenciam o avanço do processo de antropização da paisagem local. Segundo Freire et al. (2018), o crescimento populacional na região impulsionou a rápida expansão urbana, com aumento das edificações, pavimentação de vias e oferta de novos lotes imobiliários, tanto em Altamira quanto em Vitória do Xingu. Para o autor, o uso e ocupação desordenados do solo provocaram a supressão da vegetação, impermeabilização do solo e a instalação inadequada de fossas sépticas, contribuindo para a contaminação do lençol freático.

Por fim, quando passamos para o último ano de inflexão o ano de 2023, verificamos que a pastagem permaneceu como a classe de uso dominante, com uma extensão de 1.529,90 km², representando 49,44% do território municipal. Apesar de ainda ocupar quase metade da área, houve uma leve redução em relação ao ano de 2013. A formação florestal, por sua vez, seguiu em processo de retração, totalizando 1.115,43 km², o equivalente a 36,05% da área do município. A floresta alagável continuou a diminuir, ocupando agora 120,10 km² (3,88%), enquanto o campo alagado teve leve aumento para 33,52 km², correspondendo a 1,08% da área. As áreas de rios, lagos e oceanos apresentaram um crescimento considerável, alcançando 273,56 km², ou 8,84%, possivelmente influenciado por alterações hidrológicas e expansão de corpos hídricos.

Segundo Miranda et al. (2023), a redução da cobertura florestal e a expansão significativa de áreas alagadas estão diretamente relacionadas à construção do dique Pimental da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. A formação do reservatório artificial provocou impactos ambientais substanciais, inundando extensas áreas de floresta e pastagens, o que resultou em alterações drásticas na paisagem e no regime hidrológico do rio Xingu no município de Vitória do Xingu. Quanto às áreas urbanas, observou-se um aumento de 9,16 km² ou (0,30%), crescimento esse atribuído sobretudo devido ao fluxo migratório decorrente das obras da hidrelétrica. Conforme destacam Miranda et al. (2023) e Rocha (2013), o município experimentou uma expansão acelerada devido à chegada de trabalhadores e novos residentes na região.



Além disso, constatou-se a emergência de novas classes de uso e cobertura do solo, incluindo formações savânicas (0,08 km²; 0,01%), áreas cultivadas com soja (0,22 km²; 0,01%) e outros espaços não vegetados (9,34 km²; 0,30%). Tais alterações indicam um processo acentuado de fragmentação paisagística e intensificação da pressão antrópica sobre os ecossistemas locais, resultante de dinâmicas socioeconômicas conflitantes.

Conforme Marinho (2019), a dinâmica de uso e ocupação do solo em Vitória do Xingu apresenta características emblemáticas no contexto da Transamazônica, marcadas por conflitos socioambientais estruturantes. Esses conflitos derivam, sobretudo, da disputa por recursos naturais particularmente terra e água, cuja escassez relativa foi exacerbada após a implantação do complexo hidrelétrico de Belo Monte no rio Xingu. Tais tensões refletem a complexidade inerente aos processos de transformação territorial em regiões submetidas a grandes empreendimentos de infraestrutura.

Nos resultados da análise dos componentes principais (PCA), os dados revelaram um padrão claro de substituição de floresta primária por atividades agropecuárias na área estudada, conforme já vinha sendo discutido. O primeiro componente principal (PC1), que explica 88,7% da variância dos dados (Figura 5), mostra uma forte oposição entre a presença de floresta primária (correlação de -0,98) e as variáveis relacionadas à antropização, como áreas queimadas (0,98), pastagem (0,97) e gado bovino (0,93). Essa relação quase perfeita sugere que o desmatamento está diretamente associado à expansão da pecuária, com o uso do fogo como principal ferramenta de conversão do uso da terra.

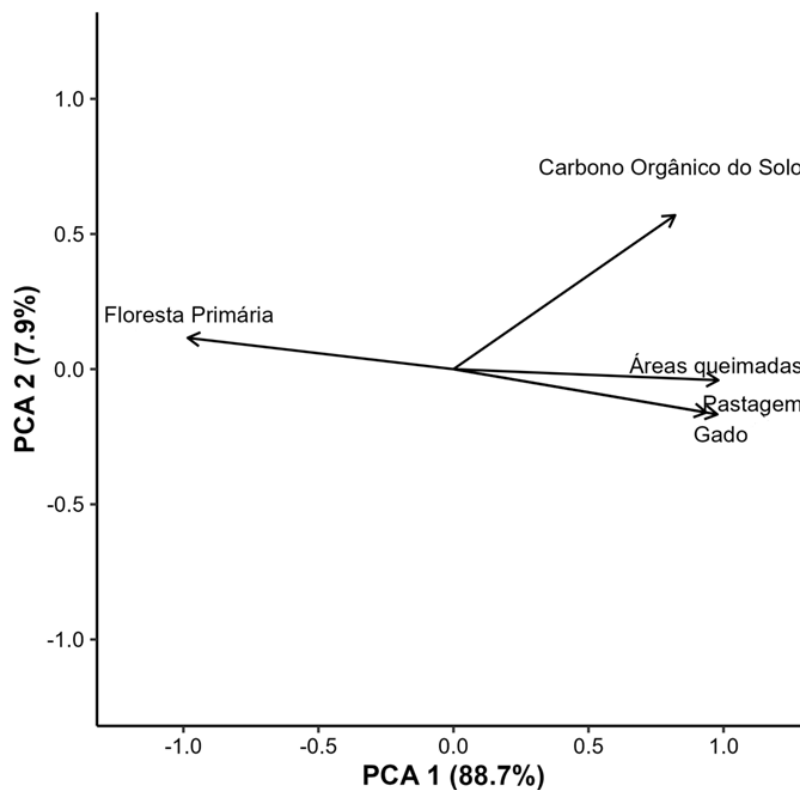


Figura 5 – Análise dos componentes principais entre as variáveis: áreas queimadas, carbono orgânico total do solo, floresta primária, número de cabeça de gado e pastagem.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).



Nesse contexto, podemos inferir que a intensidade dessas correlações indica que esse é o principal eixo de transformação ambiental na região, representando um típico processo de fronteira agrícola em biomas florestais. Além disso, o teor de carbono orgânico do solo também se destacou, correlacionando-se positivamente com a presença de floresta e negativamente com áreas de pastagem e gado. O segundo componente (PC2), embora explique uma parcela menor da variância (cerca de 7,9%), acrescenta nuances à separação das áreas amostradas, mas seu efeito é bem menos expressivo. De modo geral, os resultados evidenciam um claro antagonismo entre a conservação da cobertura florestal e a intensificação do uso agropecuário, com impacto direto sobre a qualidade do solo, especialmente na redução do carbono orgânico. Essa estrutura de dados reforça a importância da manutenção de áreas de vegetação nativa como forma de preservar a qualidade ambiental e os serviços ecossistêmicos associados.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise multitemporal do uso e cobertura da terra no município de Vitória do Xingu entre os anos de 1985 e 2023 evidencia um processo contínuo e acelerado de substituição da vegetação nativa, especialmente das formações florestais, por áreas antrópicas, com destaque para a expansão da pastagem. A formação florestal, que ocupava cerca de 78,81% do território em 1985, foi reduzida para 36,05% em 2023, refletindo um padrão típico de ocupação na região amazônica, associado à intensificação das atividades agropecuárias.

Além disso, observou-se um aumento considerável nas áreas de corpos hídricos e urbanas, indicando mudanças na dinâmica da paisagem e a necessidade de estratégias de gestão territorial que conciliem produção e conservação. Os resultados da PCA evidenciam um forte antagonismo entre a conservação da floresta primária e a expansão agropecuária, com destaque para o uso do fogo como agente de conversão. A redução do carbono orgânico do solo reforça os impactos negativos desse processo sobre a qualidade ambiental. Esses achados ressaltam a urgência de buscar estratégias de manejo sustentável para conter a degradação dos serviços ecossistêmicos na região e reforçam a importância do monitoramento contínuo da cobertura e uso da terra como ferramenta essencial para subsidiar políticas públicas de ordenamento territorial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, A.; PEREIRA, C.; CASTRO, I.; CARDOSO, A.; SOUZA, L.; COSTA, R.; BENTES, A. J.; STELLA, O.; AZEVEDO, A.; GOMES, J.; NOVAES, R. (2016). Desmatamento nos assentamentos da Amazônia: histórico, tendências e oportunidades. Brasília -DF: IPAM, 93p.
- ARAÚJO, R. A.; JÚNIOR, I. O. B.; SANTOS, G. G. O avanço da fronteira agrícola na Amazônia Oriental: uma análise do uso e cobertura do solo nos municípios produtores da soja da microrregião de Paragominas-PA. **Caderno de Geografia**, v. 33, n. 73, p. 658-658, 2023.
- ARAÚJO, L. S. M. (2015). Novo Progresso –PA: exemplo recente de ocupação na Amazônia. Resultados e Impactos. Monografia (Graduação) –Universidade de Brasília (UnB), 58 p. Brasília.
- BALOGUN, A. L.; ADEBISI, N.; ABUBAKAR, I. R.; DANO, U. L.; TELLA, A. Digitalization for transformative urbanization, climate change adaptation, and sustainable farming in Africa: Trend, opportunities, and challenges. **Journal of Integrative Environmental Sciences**, v. 19, n. 1, p. 17-37, 2022.
- BIECO, Ramon. Sensoriamento Remoto (2017). Disponível em <<https://ramonbieco.wordpress.com/2017/04/18/sensoriamento-remoto/>>. Acesso em 28/01/2021.
- BRITO, J. L.; LEITE, M. R.; FERREIRA, E. J.; LEITE, M. E. Evolução geográfica do uso/cobertura da terra na bacia do Rio Vieira no Norte de Minas Gerais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 26, p. 169-194, 2013. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.2015.0031.0012>.
- CAMPOS, M.; CAMPOS, S. Geotecnologias aplicada nos conflitos de uso do solo em áreas de preservação permanente no município de Barra Bonita/SP. **Brazilian Journal of Biosystem Referencias**, v. 14, n. 2, p. 140-151. 2020.
- CHEN, K.; REICHARD, G.; XU, X.; AKANMU, A. GIS-based information system for automated building façade assessment based on unmanned aerial vehicles and artificial intelligence. **Journal of Architectural Engineering**, v. 29, n. 4, p. 04023032, 2023.
- COELHO, V. H.; MONTENEGRO, S. M.; ALMEIDA, C. D. N.; DE LIMA, E. R.; NETO, A. R.; DE MOURA, G. S. Dinâmica dos processos de mudança de uso/cobertura da terra em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro/Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 64-73, 2014.
- CONEXSUS – Conexão Sustentável Amazônia. Agricultura Familiar e Sociobioeconomia: Potencial de Conservação e Geração de Renda. 2023. Disponível em: <<https://conexsus.org/>>. Acesso em 21 de junho de 2025.
- CRISPIM, S. N. S.; FRABETTI, G. L. Exploração da terra e do trabalho na fronteira agropecuária da Amazônia Oriental: o caso de São Félix do Xingu (PA). **Cadernos CEPEC**, v. 9, n. 2, 2021.
- DE PAULA, E. M. S.; GORAYEB, A.; DA SILVA, E. V.; MEIRELES, A. J. A. Compartimentação Geocológica da Sub-Bacia do Baixo Rio Xingu–Amazônia Centro-Oriental, Brasil. **Revista Equador**, v. 5, n. 4, p. 128-150, 2016.
- DINIZ, F. G.; TAKAHASI, A. Análise do uso e ocupação do solo da APA do lajeado, Campo Grande (MS), ao longo de dez anos (2010-2020). **GEOFRONTER**, V. 8, p. 01-19. 2022.

DOS SANTOS, C. W.; MAGALHÃES F. F. J. C.; DOS SANTOS, T. L. Uso e cobertura do solo utilizando a Plataforma Google Earth Engine (GEE): Estudo de caso em uma Unidade de Conservação. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 15280-15300, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-243>

ESCADA, M. I. S.; AMARAL, S.; FERNANDES, D. A. Dinâmica de ocupação e mudanças paisagísticas na Amazônia, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 39, p. e00021723, 2023.

FAPESPA (Fundação Amazônia de Ampara a Estudos e Pesquisas). Estatística Municipal: Vitória do Xingu. Belém: Fapespa, 2024. Disponível em: <https://www.fapespa.pa.gov.br/wp-content/uploads/2025/05/Vitoria-do-Xingu.pdf>. Acesso em 15 de fev. 2025.

FERREIRA, G. H. C.; SILVA, L. A. P. Mapeamento do uso da terra no município de Várzea da Palma por geotecnologias. **Élisée –Revista de Geografia da UEG**, v. 7, n. 1, p. 85-102. 2018.

FLORENZANO, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. São Paulo, 3ª edição. Oficina de Textos, 2011.

FREIRE, L. M.; LIMA, J. S. D.; SILVA, E. V. D. Belo Monte: fatos e impactos envolvidos na implantação da usina hidrelétrica na região Amazônica Paraense. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 3, p. 18-41, 2018.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2023). SIDRA -Sistema IBGE de Recuperação Automática–Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5457#resultado>. Acesso em 09 de jan. 2025.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Manual técnico de uso da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281615>. Acesso em: 5 abr. 2025.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Vitória do Xingu. IBGE Cidades. Brasília: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/vitoria-do-xingu/>. Acesso em: 9 de jan. de 2025.

INMET -Instituto Nacional de Meteorologia. (2018). Município de Vitória do Xingu –PA. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 9 de jan. de 2025.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) Projeto TerraClass: Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal. São José dos Campos: INPE; Brasília: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.terraclass.gov.br/>. Acesso em: 21 jun. 2025.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). A estimativa da taxa de desmatamento por corte raso para a Amazônia Legal. 2023. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5294. Acesso em 05 de fev. de 2025.

JOVINO, E. S.; ANGELINI, R.; COSTA, C. W.; BRESSIANI, D. D. A.; CUNHA, K. P. V. D. Impactos do uso e cobertura do solo na produção de sedimentos em área de manancial peri-urbano tropical. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. e64640, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-64640>.

JOVINO, E. S.; TAVARES, D. M. F.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, S. M.; OLIVEIRA, L. M. M. Dinâmica multitemporal das mudanças de uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 5, n. 1, p. 17-27. 2024.

- KIMOTHI, S.; THAPLIYAL, A.; SINGH, R.; RASHID, M.; GEHLOT, A.; AKRAM, S. V.; JAVED, A. R. Comprehensive database creation for potential fish zones using IoT and ML with assimilation of geospatial techniques. **Sustainability**, v. 15, n. 2, p. 1062, 2023.
- LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, p. 90-106, 2012.
- LEITE, M. E.; PEREIRA, A. M.; NOBRE, B. A.; MARTIN, A. S. Monitoramento da dinâmica no uso do solo urbano de Montes Claros/MG por imagens de alta resolução espacial. **Caminhos de Geografia (UFU)**, v. 15, n. 51, p. 172-180, 2014.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. Remote sensing and image interpretation. 7. ed. New York: Wiley, 2015.
- LIMA, S. S.; LOUREIRO, G. E. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento de uso e cobertura da terra no município de São Domingos do Araguaia-PA. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 11, n. 21, p. 114-128. 2023.
- MATESE, A.; TOSCANO, P.; DI GENNARO, S. F.; GENESIO, L.; VACCARI, F. P.; PRIMICERIO, J.; GIOLI, B. Intercomparison of UAV, aircraft and satellite remote sensing platforms for precision viticulture. **Remote Sensing**, v. 7, n. 3, p. 2971-2990, 2015.
- MIRANDA, J. I. Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2005.
- MIRANDA, T. S. de; SILVA, N. D. P. C.; VELOSO, G. A.; LOBATO, M. M.; JÚNIOR, J. A. G. Dinâmica de uso e ocupação da terra no município de Vitória do Xingu/PA entre os anos de 2010 a 2021. **Universidade e Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 69-82, 2021.
- MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. R. D.; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. F. D.; SANTOS, G. M. A. D. A. D.; EUGENIO, F. C. Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 141-152, 2015.
- NEVES, P. B. T.; BLANCO, C. J. C.; DUARTE, A. A. A. M.; NEVES, F. B. S.; NEVES, I. B. S.; SANTOS, M. H. D. P. Desmatamento da floresta amazônica influenciado pela malha rodoviária clandestina e regular. **Land Use Policy**, v. 108, p. 105510, 2021.
- ÓSOCIOBIO (Observatório das economias da sociobiodiversidade). Sociobioeconomia como Política de Estado: campanha do ÓSocioBio propõe mudanças urgentes no Plano Safra. Disponível em: <<https://osociobio.org.br/politicas-publicas/sociobioeconomia-como-politica-de-estado-campanha-do-osociobio-propoe-mudancas-urgentes-no-plano-safra/>>
- PARANHOS FILHO, A.C et al. Imagens de Sensoriamento Remoto. In: PARANHOS FILHO, A.C et al (orgs.). Geotecnologias para aplicações ambientais. 1. Maringá: Uniedusul, 2021. p. 1-394.
- PASSOS, M. M. BR-163, de Cuiabá a Santarém: o papel dos agentes e sujeitos no ordenamento do território e na implementação de políticas públicas. **Ciência & Trópico**, v. 41, n. 1, p. 140-164. 2017.
- PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil, acessado em 15/03/2025 através do link: <<https://mapbiomas.org/>>
- REBELLO, F. K.; HOMMA, A. K. O. (2017). História da colonização do Nordeste paraense: uma reflexão para o futuro da Amazônia. Belém, Pará: EDUFRA.
- ROCHA, G. M. A construção da usina hidrelétrica de Belo Monte e a dinâmica populacional e urbana de Altamira (PA). In: ARAGÓN, L. E. (Org.). Migração na Pan-Amazônia. Belém: NAEA, 2013, pp.197-208.



- ROSÁRIO, R. R DO.; BARBOSA, M. T.; DA SILVA CARNEIRO, F.; COSTA, M. D. S. S. Uso e ocupação do solo do município de Novo Progresso no Estado do Pará-Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e51210112060-e51210112060, 2021.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 356 p. 2018.
- SANTOS, G. G.; NERIS, J. P. F.; COELHO, R. D. F. R.; ARAÚJO, G. B. Dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura do solo no assentamento Rio Juma, região sul do Amazonas. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 12, n. 23, p. 1-18.2024
- SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Emissões totais por setor no Brasil: Relatório Anual 2023. Observatório do Clima, 2023. Disponível em: <https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/11/Relatorio-SEEG_gases-estufa_2023FINAL.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2025.
- SONOBE, R.; YAMAYA, Y.; TANI, H.; WANG, X.; KOBAYASHI, N.; MOCHIZUKI, K. I. Mapeamento da cobertura de culturas usando imagens multitemporais Landsat 8 OLI. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, n. 15, p. 4348-4361, 2017.
- SOUSA, J. R.; SILVA, J. S. L. Análise espaço-temporal da dinâmica do uso e ocupação do solo do município de Soure, Pará. 2021. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2021.
- SOUZA, C. M. J.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA FILHO, P. W. M. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. DOI: 10.3390/rs12172735.
- VAROL, M. Alterações espaço-temporais na qualidade da água superficial e no teor de fósforo no sedimento de um grande reservatório na Turquia. **Environmental Pollution**, v. 259, p. 113860, 2020.
- VASCONCELLOS, B. N.; TERRA, L. G.; CARDOSO, C. D. V. Análise multitemporal de uso e cobertura do solo no município de Unistalda, RS. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, p. 3438-3444, 2013.
- WALTHER, G. R. Respostas da comunidade e do ecossistema às mudanças climáticas recentes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, London, v. 365, n. 1549, p. 2019-2024, 2010.
- WRI Brasil – World Resources Institute Brasil. New Economy for the Brazilian Amazon – Executive Summary. 2023. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/2023-06/Executive%20Summary%20%28english%29.pdf>>. Acesso em 21 de junho de 2025.
- YUE, J.; YANG, G.; TIAN, Q.; FENG, H.; XU, K.; ZHOU, C. Estimativa da biomassa acima do solo do trigo de inverno com base em texturas de imagens de ultra-alta resolução do solo de UAV e índices de vegetação. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 150, p. 226-244, 2019.
- ZHAO, B. Humanistic GIS: Toward a research agenda. **Annals of the American Association of Geographers**, v. 112, n. 6, p. 1576-1592, 2022.



7. APÊNDICE

Apêndices A: Script da Análise de Componentes Principais e confecção do gráfico

```
# =====  
# PCA Completa: Gráficos com padrão de artigo científico  
# =====  
  
# ---- Instalar e carregar os pacotes ----  
  
if (!require(ggplot2)) install.packages("ggplot2")  
if (!require(factoextra)) install.packages("factoextra")  
if (!require(FactoMineR)) install.packages("FactoMineR")  
if (!require(ggrepel)) install.packages("ggrepel")  
  
library(ggplot2)  
library(factoextra)  
library(FactoMineR)  
library(ggrepel)  
  
# ---- Dados ----  
  
dados <- data.frame(  
  Ano = 1985:2023,  
  `Áreas queimadas` =  
  c(799,984,8920,19709,21563,22982,26328,30670,34617,37002,37082,39991,56142,67029,71621,78239,89972,  
  91921,94693,98236,100359,102204,102529,102826,104445,105063,105247,105715,106055,107470,109734,11  
  1089,113144,113818,114260,114856,114892,115236,115929),  
  Pastagem =  
  c(29728,30858,49293,56214,61175,61450,63105,69325,81753,95120,102367,108116,124741,131154,131620,1  
  34827,141179,140590,147944,159036,164428,165596,165370,165505,167976,168560,169641,167570,164120,  
  163062,160999,151098,150327,150143,150632,152314,151351,150630,152929),  
  `Floresta Primária` =  
  c(266187,264780,245620,239018,233984,233151,231275,225102,212816,198829,191973,186688,170181,1639  
  35,163392,160215,153906,154403,147491,136511,130914,129297,129958,129910,127280,126660,125717,127  
  029,128957,129645,130368,126672,127054,127342,127342,125509,125997,126654,123421),  
  Gado =  
  c(0,0,0,0,0,0,0,0,65000,60000,75000,101544,102100,105164,108850,127520,166720,195642,235526,245590,25  
  0002,220292,195201,193924,195155,169964,152217,175376,166290,156564,146937,135543,121600,122015,1  
  53683,168376,185946,191675,192052),
```



```
`Carbono Orgânico do Solo` =  
c(828534509,829867017,829426209,827722004,828100172,829142920,827891992,828313688,828286045,829  
560915,828923255,829005942,828707525,829850231,828410866,830460013,831093308,830338905,83069783  
8,830431335,830397165,829848756,829658597,829744673,830193095,830469324,829812155,830591403,830  
737375,830209669,831034608,831297882,831050623,830573662,830968765,831223776,831049906,82963946  
4,829984304)  
  
)  
  
# ---- Reordenar colunas (exceto o Ano) ----  
dados <- dados[, c("Ano", sort(setdiff(names(dados), "Ano")))]  
  
# ---- Selecionar variáveis numéricas (excluindo o Ano) ----  
dados_pca <- dados[, -1]  
  
# ---- Normalizar os dados ----  
dados_norm <- scale(dados_pca)  
  
# ---- PCA ----  
resultado_pca <- PCA(dados_norm, graph = FALSE)  
eig <- get_eigenvalue(resultado_pca)  
  
# ---- Coordenadas das variáveis para afastar labels ----  
var_coords <- as.data.frame(resultado_pca$var$coord)  
var_coords$label_x <- var_coords$Dim.1 * 1.2  
var_coords$label_y <- var_coords$Dim.2 * 1.2  
  
# ---- Gráfico de contribuição das variáveis - Estilo artigo ----  
p_cor <- ggplot(data = var_coords, aes(x = Dim.1, y = Dim.2)) +  
  geom_segment(aes(x = 0, y = 0, xend = Dim.1, yend = Dim.2),  
    arrow = arrow(length = unit(0.25, "cm")),  
    color = "black", size = 0.6) +  
  geom_text_repel(aes(x = label_x, y = label_y, label = rownames(var_coords)),  
    size = 4,  
    segment.size = 0.2,  
    min.segment.length = 0,
```



```
nudge_y = 0.05) +
scale_x_continuous(name = paste0("PCA 1 (", round(eig[1, 2], 1), "%)"),
                    limits = c(-1.2, 1.2)) +
scale_y_continuous(name = paste0("PCA 2 (", round(eig[2, 2], 1), "%)"),
                    limits = c(-1.2, 1.2)) +
coord_fixed() +
theme_classic(base_size = 14) +
theme(
  plot.title = element_text(face = "bold", size = 16, hjust = 0.5),
  axis.title = element_text(face = "bold"),
  axis.text = element_text(color = "black")
) +
labs(title = "PCA - Contribuição das Variáveis")

# ---- Salvar gráfico ----
ggsave("PCA_Contribuicao_Variaveis_Publicacao.png", plot = p_cor, width = 8, height = 6, dpi = 300)
print(p_cor)

[1] "Autovalores e Variância Explicada:"
> print(eig)
      eigenvalue variance.percent cumulative.variance.percent
Dim.1 4.436461061      88.7292212           88.72922
Dim.2 0.393372825       7.8674565           96.59668
Dim.3 0.136789963       2.7357993           99.33248
Dim.4 0.029605046       0.5921009           99.92458
Dim.5 0.003771105       0.0754221          100.00000
> # =====
> # 3) Matriz de Correlação (Loadings)
> # =====
> correlacoes <- resultado_pca$var$coord
> print("Matriz de Correlação:")
[1] "Matriz de Correlação:"
> print(correlacoes)
      Dim.1   Dim.2   Dim.3   Dim.4   Dim.5
Áreas.queimadas    0.9810415 -0.04087019 -0.14228982 0.12327970 0.0210455032
Carbono.Orgânico.do.Solo 0.8208448 0.56973275 0.03461276 -0.02050334 -0.0001680713
Floresta.Primária   -0.9841366 0.11574516 0.12364569 0.02119683 0.0483807277
Gado                 0.9364544 -0.16027911 0.31068401 0.02873990 -0.0036256305
Pastagem            0.9771186 -0.16739388 -0.05943665 -0.11274524 0.0312141533
> # =====
```



ATA Nº 3608/2025 - CEAD (12.28.01.36)

Nº do Protocolo: 23083.040402/2025-36

Seropédica-RJ, 24 de julho de 2025.

ATA DE DEFESA

Aos quinze dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e cinco, às quatorze horas, através de web conferência, instalou-se a banca examinadora de Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, do cursista **Gabriel Garreto dos Santos**, sob a orientação do professor **Eduardo Carvalho da Silva Neto**. A banca examinadora foi composta pelos pesquisadores **Mayara Barreto de Souza Arantes** e **Marcondes Geraldo Coelho Junior**. A defesa do TCC intitulado "**Análise Espaço-Temporal do Uso do Solo e Cobertura Vegetal em Vitória do Xingu, Amazônia brasileira**" foi iniciada às quatorze horas e teve a duração de quinze minutos de apresentação seguida da avaliação pela banca. O cursista, após avaliado pela banca examinadora, obteve o seguinte resultado:

APROVADO, devendo o cursista proceder à eventual revisão solicitada pelo supervisor e /ou pela banca, e entregar a versão final em até 15 dias à coordenação.

NÃO APROVADO.

Seropédica, 15 de julho de 2025.

Mayara Barreto de Souza Arantes
Primeira Examinadora

Marcondes Geraldo Coelho Junior
Segundo Examinador

Eduardo Carvalho da Silva Neto
Presidente

Gabriel Garreto dos Santos
Cursista

(Assinado digitalmente em 24/07/2025 13:58)
EDUARDO CARVALHO DA SILVA NETO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptS (12.28.01.00.00.33)
Matrícula: ###464#9

(Assinado digitalmente em 24/07/2025 18:22)
GABRIEL GARRETO DOS SANTOS
DISCENTE
Matrícula: 2024#####4

(Assinado digitalmente em 24/07/2025 19:54)
MAYARA BARRETO DE SOUZA ARANTES
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.077-##

(Assinado digitalmente em 24/07/2025 14:22)
MARCONDES GERALDO COELHO JUNIOR
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.316-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **3608**, ano: **2025**, tipo: **ATA**, data de emissão: **24/07/2025** e o código de verificação: **1f814d6e0c**